...e costruisci il tuo **LABORATORIO DIGITALE**

6,90 €

35

HARDWARE

DIGITALE DI BASE

MICROCONTROLLER

DIGITALE AVANZATO

TOTALMENTE PROGRAMMABILE!!!

9 771824 363008 41035

Peruzzo & C.

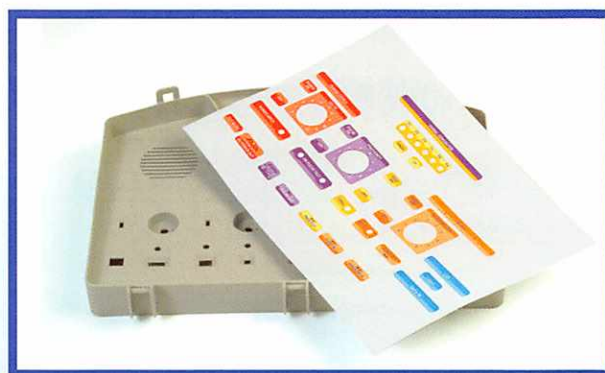
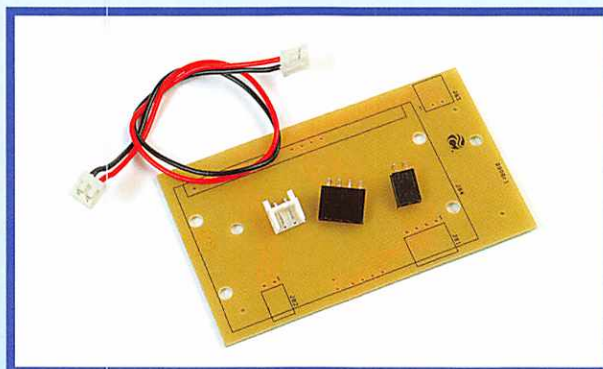
Direttore responsabile:
ALBERTO PERUZZO
Direttore Grandi Opere:
GIORGIO VERCELLINI
Consulenza tecnica e traduzioni:
CONSULCOMP S.n.c.
Pianificazione tecnica
LEONARDO PITTON

Direzione, Redazione, Amministrazione: viale Ercole Marelli 165, Tel. 02/242021, 20099 Sesto San Giovanni (Mi). Pubblicazione settimanale. Registrazione del Tribunale di Monza n. 1738 del 26/05/2004. Spedizione in abbonamento postale gr. II/70; autorizzazione delle Poste di Milano n. 163464 del 13/2/1963. Stampa: Grafiche Porpora s.r.l., Cernusco S/N (MI). Distribuzione SO.DI.P. S.p.A., Cinisello Balsamo (MI).

"ELETTRONICA DIGITALE"
si compone di
70 fascicoli settimanali
da suddividere
in 2 raccoglitori.

RICHIESTA DI NUMERI ARRETRATI. Per ulteriori informazioni, telefonare dal lunedì al venerdì ore 9.30-12.30 all'ufficio arretrati tel. 02/242021. Se vi mancano dei fascicoli o dei raccoglitori per completare l'opera, e non li trovate presso il vostro edicolante, potrete riceverli a domicilio rivolgendovi direttamente alla casa editrice. Basterà compilare e spedire un bollettino di conto corrente postale a PERUZZO & C. s.r.l., Ufficio Arretrati, viale Marelli 165, 20099 Sesto San Giovanni (MI). Il nostro numero di c/c postale è 42980201. L'importo da versare sarà pari al prezzo dei fascicoli o dei raccoglitori richiesti, più le spese di spedizione € 3,10 per pacco. Qualora il numero dei fascicoli o dei raccoglitori sia tale da superare il prezzo globale di € 25,82 e non superiore a € 51,65, l'invio avverrà per pacco assicurato e le spese di spedizione ammonteranno a € 6,20. La spesa sarà di € 9,81 da € 51,65 a € 103,29; di € 12,39 da € 103,29 a € 154,94; di € 14,98 da € 154,94 a € 206,58; di € 16,53 da € 206,58 in su. Attenzione: ai fascicoli arretrati, trascorse dodici settimane dalla loro distribuzione in edicola, viene applicato un sovrapprezzo di € 0,52, che andrà pertanto aggiunto all'importo da pagare. Non vengono effettuate spedizioni contrassegno. Gli arretrati di fascicoli e raccoglitori saranno disponibili per un anno dal completamento dell'opera. IMPORTANTE: è assolutamente necessario specificare sul bollettino di c/c postale, nello spazio riservato alla causale del versamento, il titolo dell'opera nonché il numero dei fascicoli e dei raccoglitori che volete ricevere.

IN REGALO in questo fascicolo

1 Pannello superiore
Insieme di adesivi per il pannello superiore

IN REGALO nel prossimo fascicolo

1 Scheda DG08r1
1 Cavetto a 2 fili con due connettori femmina a 2 vie
1 Connettore maschio da c.s. a 90° a 2 vie
1 Connettore femmina da c.s. a 90° a 2 vie
1 Connettore femmina da c.s. a 90° a 4 vie

COME RACCOGLIERE E SUDDIVIDERE L'OPERA NELLE 4 SEZIONI

L'Opera è composta da 4 sezioni identificabili dalle fasce colorate, come indicato sotto. Le schede di ciascun fascicolo andranno suddivise nelle sezioni indicate e raccolte nell'apposito raccoglitore, che troverai presto in edicola. Per il momento, ti consigliamo di suddividere le sezioni in altrettante cartellette, in attesa di poterle collocare nel raccoglitore. A prima vista, alcuni numeri di pagina ti potranno sembrare ripetuti o sbagliati. Non è così: ciascuno fa parte di sezioni differenti e rispecchia l'ordine secondo cui raccogliere le schede.
Per eventuali domande di tipo tecnico scrivere al seguente indirizzo e-mail: elettronicadigitale@microrobots.it

Hardware Montaggio e prove del laboratorio

Digitale di base Esercizi con i circuiti digitali

Digitale avanzato Esercizi con i circuiti sequenziali

Microcontroller Esercizi con i microcontroller

Pannello superiore

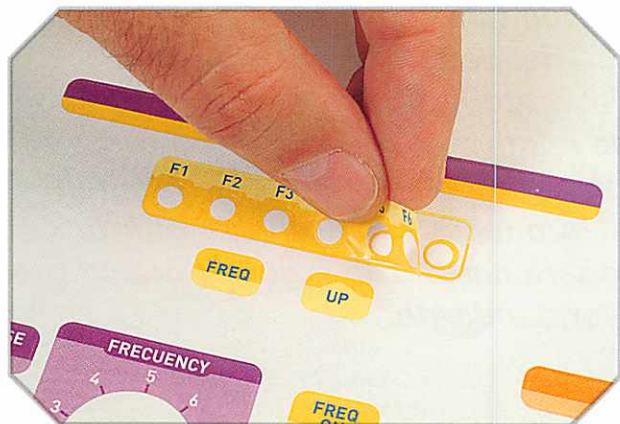
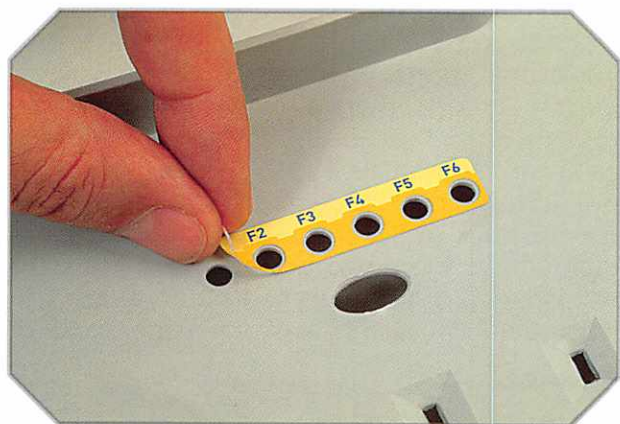
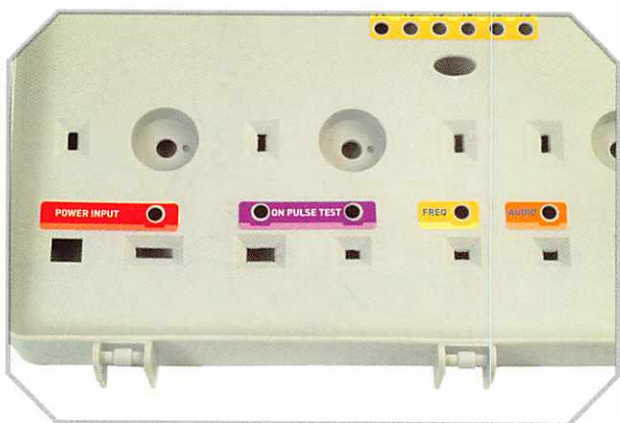
Pannello superiore del laboratorio.

Con questo fascicolo troverete uno dei pezzi più importanti del laboratorio: il pannello superiore con le relative etichette. Le etichette sono ordinate in modo da facilitare il loro montaggio sul laboratorio, e sarà necessario seguire l'ordine che verrà indicato.

Interno del pannello superiore.

Pannello superiore

Il pannello superiore come quello principale, è costruito con materiale plastico flessibile, quindi molto resistente agli urti, particolare molto importante in uno strumento portatile. Essendo stato costruito con uno stampo a iniezione, è possibile che in alcuni fori siano rimasti dei residui plastici, asportabili con facilità attraverso l'uso di un coltellino, da utilizzarsi con molta attenzione per non asportare più materiale del necessario. Per i fori circolari è possibile utilizzare una punta da trapano dello stesso diametro del foro, avendo però l'accortezza di farla girare a mano e non con il trapano. Nel caso trovaste qualche tracce di

Componenti forniti con questo fascicolo.

Primo adesivo da posizionare.

Piegando il foglio si provoca il sollevamento dell'angolo dell'adesivo.

Questi adesivi devono essere centrati sui fori.

sporco, la dovrete pulire con un panno asciutto, senza utilizzare prodotti chimici, in quanto alcuni solventi potrebbero danneggiare la plastica. Se lo sporco è molto resistente è possibile utilizzare acqua con aggiunta di un sapone neutro, come quello utilizzato per il lavaggio dei capi in lana. Tutto questo deve essere fatto prima di iniziare l'applicazione delle etichette.

Le etichette

Le etichette fornite sono stampate su un supporto adesivo, già pretagliate per facilitarne il montaggio, non devono essere inumidite né si deve utilizzare del collante per posizionarle. Le mani dovranno essere pulite e asciutte. È necessario cercare una postazione di lavoro comoda e ben illuminata, avere molta calma e pazienza, perché questo lavoro deve essere eseguito senza fretta, in modo da evitare errori e ottenere un risultato di qualità.

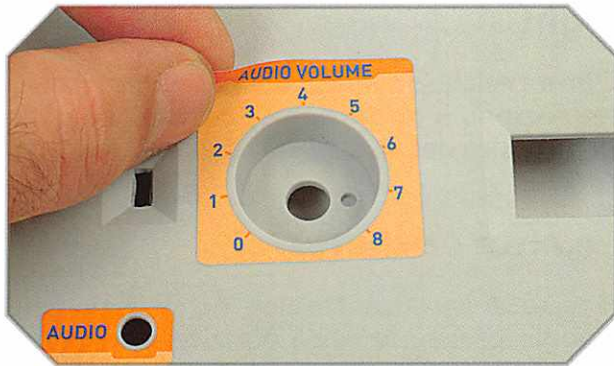
L'ordine

È sufficiente togliere dal supporto l'etichetta che si vuole installare. Inizieremo questo montaggio dall'etichetta di colore giallo che ha sei fori, corrispondenti ad altrettanti LED, è riconoscibile attraverso la serigrafia con riportate le sigle: F1, F2, F3, F4, F5 e F6.

Per togliere l'etichetta adesiva è sufficiente piegare il supporto della stessa vicino a uno degli angoli, ed esso si solleverà. Tireremo quindi con delicatezza per evitare di rompere l'etichetta. Nel caso la preincisione non fosse perfetta – possibilità molto remota e soprattutto per pezzi molto piccoli – è possibile intervenire con un cutter o delle forbici.

Dopo aver estratto l'etichetta bisogna posizionarla con cura, di modo che i fori rimangano il più centrati possibile ai sei fori del pannello superiore. Quando l'etichetta sarà stata correttamente collocata, la incolleremo partendo da un lato, ed effettueremo una leggera pressione per evitare di romperla, facendo attenzione a evitare eventuali bolle d'aria fra l'etichetta e il pannello.

LED indicatori

Gli adesivi successivi da montare sono quelli corrispondenti al resto dei LED.

È necessario posizionare con precisione gli adesivi. La pressione assicura un buon contatto.

Adesivi dei potenziometri collocati.

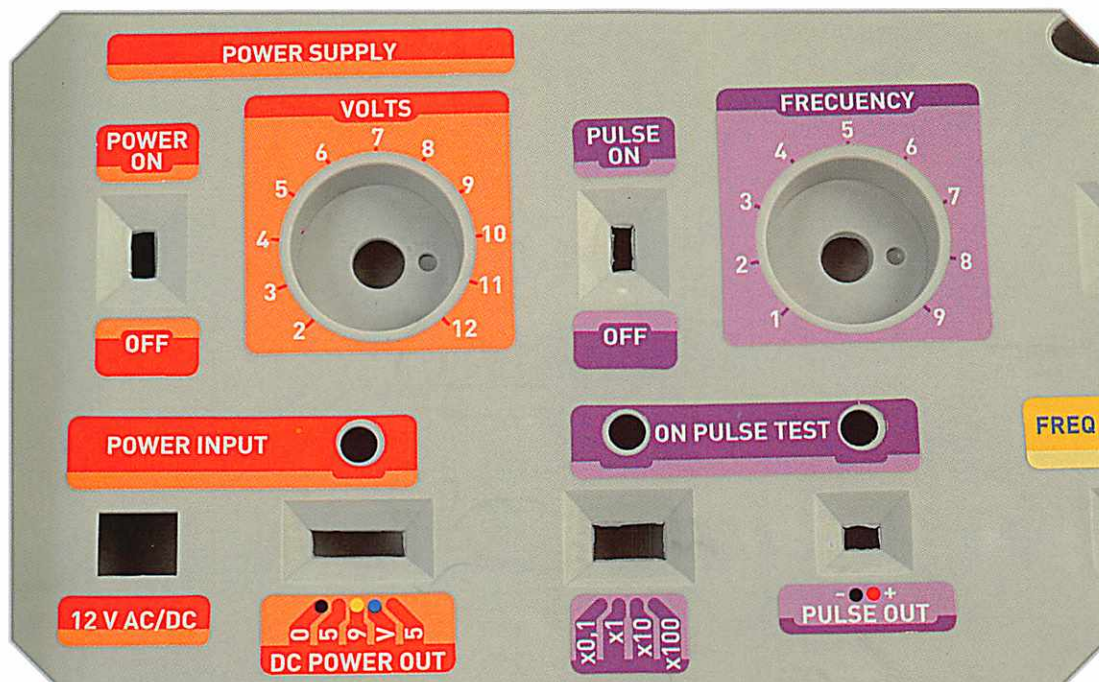
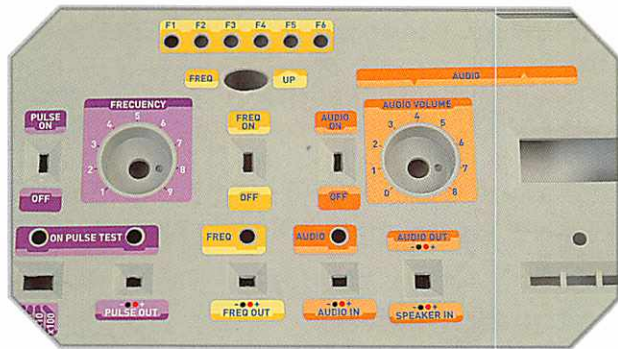
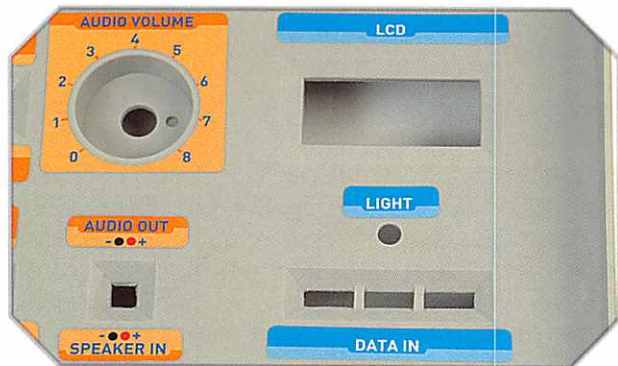
Quelli con il testo POWER INPUT, FREQ e AUDIO devono essere posizionati sui fori corrispondenti, mentre l'etichetta con il testo ON PULSE TEST deve essere centrata sui due fori.

Prima di incollare un adesivo bisogna verificare con cura dove andrà collocato, per questi passaggi ci saranno di notevole aiuto le fotografie.

Potenziometro

Anche questi adesivi devono essere centrati con attenzione, sono di tre colori diversi, e ognuno di essi deve essere posizionato nel posto corrispondente, anche in questo caso fate riferimento alle fotografie.

Interruttori

Le etichette che corrispondono agli interruttori sono: POWER ON, PULSE ON, FREQ ON e AUDIO ON, devono essere posizionate sugli interruttori. Anche se non richiedono un centraggio molto preciso, per ragioni estetiche dovranno essere collocate tutte alla stessa altezza. Nella parte inferiore di ogni commutatore incolleremo l'etichetta OFF del colore corrispondente, evitando di applicarla nella zona inclinata.

Etichette della zona di sinistra.

Etichette della zona di destra.

Etichette della zona del display alfanumerico.

Light

Questa etichetta indica il foro tramite il quale si aziona il potenziometro di regolazione di intensità del display LCD a due file da otto caratteri.

Le altre etichette

Il resto delle etichette non richiede un centraggio preciso, e verrà posizionato come si vede dalle fotografie.

Distribuzione

Osservando il pannello superiore possiamo notare che sono stati utilizzati colori diversi per le differenti zone.

Il colore viene utilizzato per indicare la zona dell'alimentazione, in cui verrà montato l'alimentatore che fornisce diverse tensioni.

I colori giallo e viola identificano la zona dove verranno installati i generatori di segnale.

Il colore arancione è dedicato alla zona audio, che conterrà come principali elementi un amplificatore audio e un altoparlante.

Il colore azzurro è utilizzato per la zona del display alfanumerico a due file a 8 caratteri.

Pannello superiore completo, unito a quello inferiore.

Contatore a 2 bit con 4027

Come abbiamo già visto, i flip-flop JK si possono configurare per lavorare come flip-flop T. Se ora uniamo due flip-flop in configurazione T e li colleghiamo in serie possiamo ottenere un contatore binario a due bit.

L'idea

Come già sappiamo il flip-flop T si utilizza per dividere per due la frequenza di ingresso, o in altre parole ogni volta che entra un impulso di clock cambia lo stato dell'uscita.

Se sfruttiamo questa caratteristica in un flip-flop vediamo che abbiamo a disposizione un contatore a un bit dato che a ogni impulso di clock l'uscita cambia di stato seguendo la sequenza: 0, 1 e ripetendola.

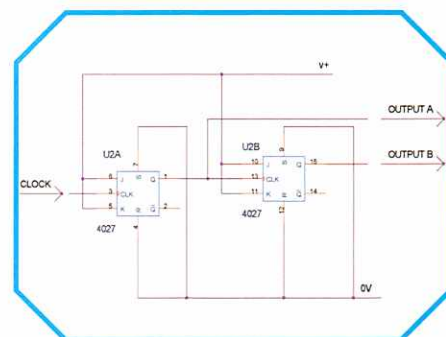
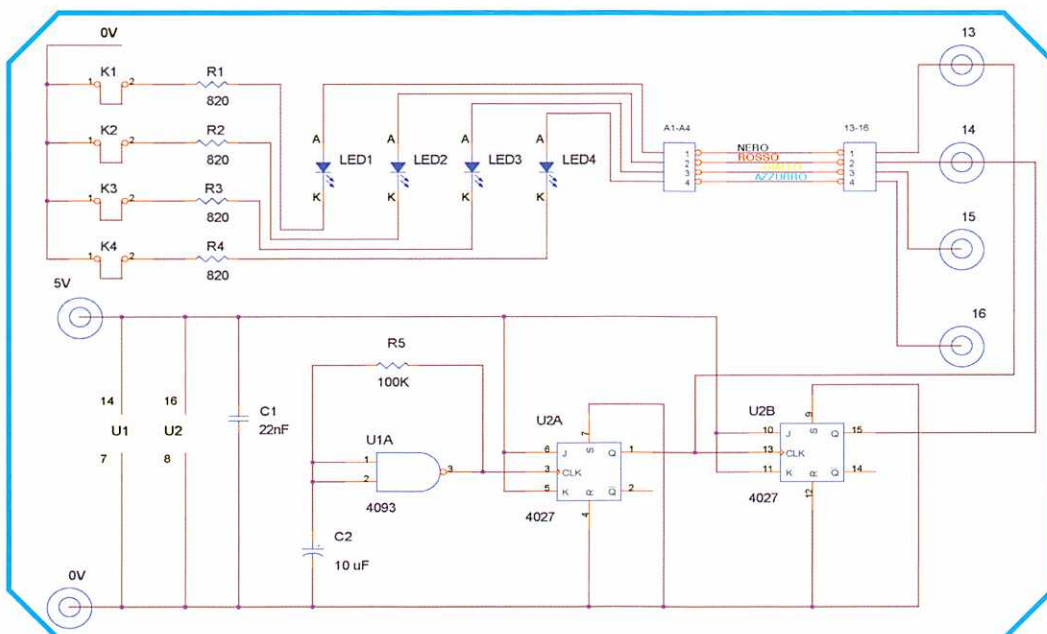
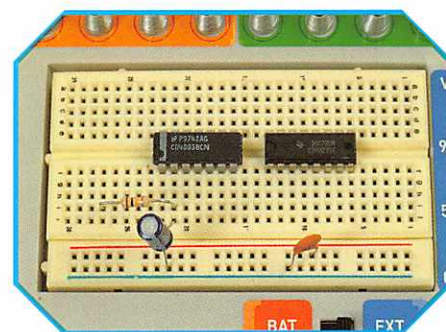
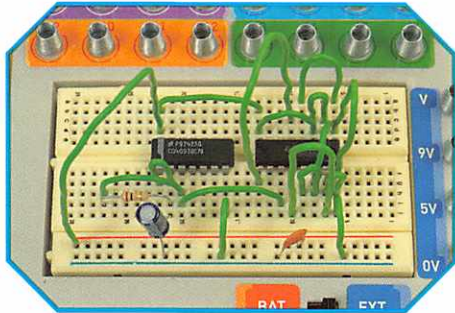
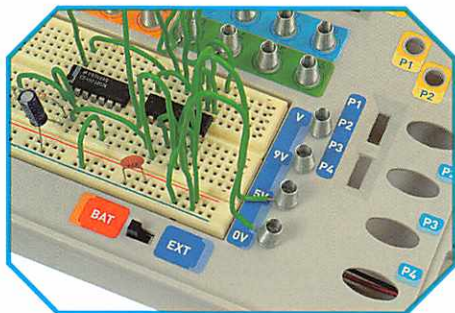
Se ora colleghiamo fra loro due flip-flop T, costruiti da due flip-flop JK del 4027 otterremo la sequenza corrispondente a due contatori.

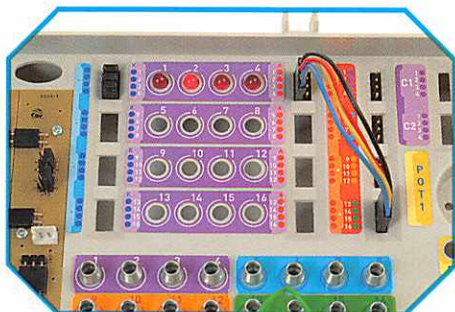
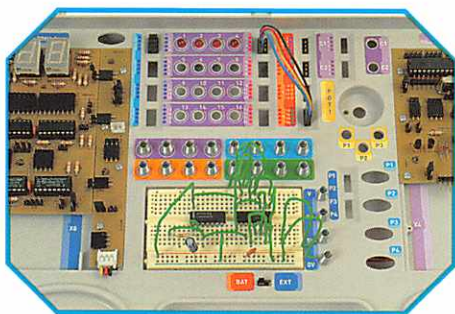
Il circuito

Il circuito è composto da tre parti ben differenziate:

1. Il generatore di impulsi.

Il generatore di impulsi è molto semplice, utilizza una porta del circuito integrato 4093,

Dettaglio del contatore.

Componenti inseriti nella scheda Bread Board.

Schema dell'esperimento completo.

Cablaggio interno della scheda Bread Board.

Collegamento della alimentazione a 5 V.

Bisogna montare i ponticelli sui catodi dei LED.

I LED 1 e 2 indicano il conteggio binario.

Laboratorio con l'esperimento realizzato

una resistenza R1 da 100 K e un condensatore da 10 µF. L'uscita si prende dall'uscita della porta U1A, che corrisponde al terminale 3 del circuito integrato. La resistenza R2 limita la corrente che circola sul LED, e quest'ultimo si utilizza per verificare che l'oscillatore funzioni. I condensatori C1 e C2 filtrano l'alimentazione

2. Il contatore a due bit.

Ognuno dei due flip-flop JK del 4027 si configura come flip-flop T unendo gli ingressi JK e collegandoli al positivo dell'alimentazione. Per fare in modo che gli ingressi R (Reset) e S (Set) non abbiano alcun effetto sul circuito li disabiliteremo collegandoli a massa.

I due flip-flop si collegano fra loro. A questo scopo collegheremo l'uscita Q del primo flip-flop con l'ingresso di clock CLK del secondo.

Il primo flip-flop U2A corrisponde al bit meno significativo del contatore, mentre il secondo flip-flop U2B corrisponde al più significativo.

3. Indicazione dell'uscita sui LED.

L'uscita del bit meno significativo del contatore – Q di U2A – si collega al LED1 della matrice dei LED, mentre l'uscita più significativa del contatore – Q di U2B – si collega al LED 2 della stessa matrice dei LED.

Montaggio

Il circuito si avvia quando collegheremo l'alimentazione allo stesso; tuttavia prima di farlo conviene prestare attenzione al montaggio di alcuni componenti, quali il condensatore elettrolitico, dato che ha polarità e i circuiti integrati.

L'ultimo filo da collegare è quello che porta l'alimentazione da 5 V dalla molla di collegamento 5 V fino alla scheda Bread Board.

FUNZIONE LOGICA ASSOCIATA

CLK	LED1	LED2
≠	OFF	OFF
≠	OFF	ON
≠	ON	OFF
≠	ON	ON

LISTA DEI COMPONENTI

U1	Circuito integrato 4027
U2	Circuito integrato 4093
R1	Resistenza 100 K (marrone, nero, giallo)
R2	Resistenza 1K8 (marrone, grigio, rosso)
R3, R4	Resistenza 1 M (marrone, nero, verde)
C1	Condensatore 10 µF elettrolitico
C2	Condensatore 22 nF
LEDA	Diodo LED rosso 5 mm

Esercizio 1: ingressi e uscite, la pratica

Continuiamo con il progetto di visualizzazione sui LED dello stato delle uscite. Dopo aver realizzato il programma e verificato con la compilazione e la simulazione che non abbia errori, si può scrivere il programma sul microcontroller e passare al montaggio hardware dell'applicazione.

Configurazione hardware per IC-PROG

Per scrivere un programma sul PIC quest'ultimo deve essere correttamente montato nel suo zoccolo e i ponticelli (in inglese jumpers) della scheda, devono essere correttamente configurati. Quando si collega il laboratorio al PC per lavorare con IC-PROG, l'alimentazione è fornita dalla porta seriale del PC. Per questo dobbiamo configurare i ponticelli in modo che il laboratorio utilizzi questa alimentazione e i segnali elettrici arrivino correttamente al micro. Ricordate che i ponticelli JP1, JP2 e JP3 devono avere i collegamenti fra i terminali 1 e 2 e devono anche essere collegati i ponticelli JP8 e JP9. A questo punto possiamo collegare il cavo seriale tra il PC e il laboratorio.

Richiesta di conferma prima della cancellazione.

Cancellazione

Dopo aver fatto partire il software IC-PROG la prima cosa da fare è leggere il dispositivo per verificare che cosa c'è attualmente sul PIC. Nel caso in cui il contenuto del PIC non sia di nostro interesse, oppure sia scritto con un programma che è già stato salvato nei nostri file, procederemo a cancellare il dispositivo.

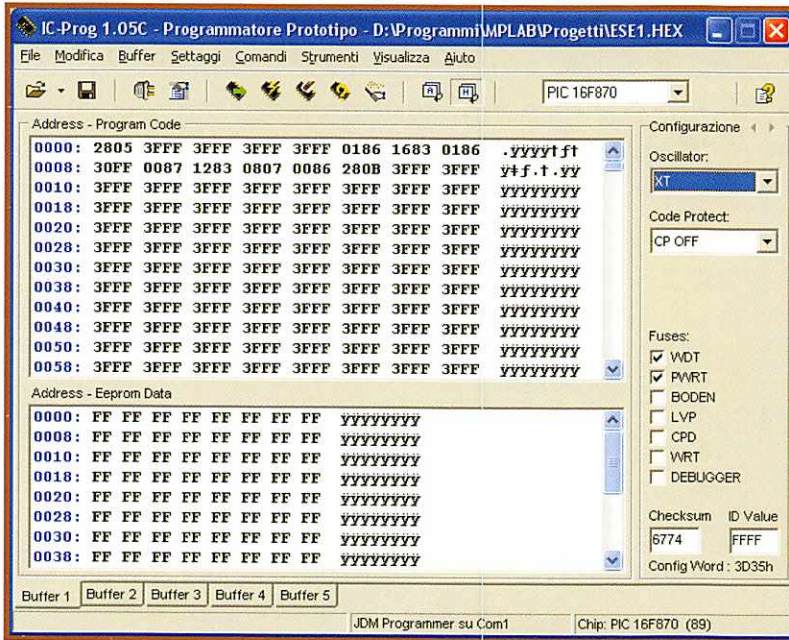
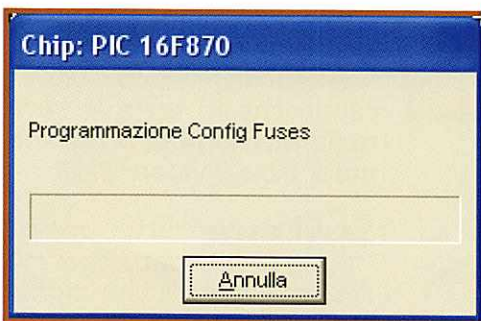
Confermeremo la cancellazione leggendo nuovamente il dispositivo e verificando che in tutte le celle della memoria di programma si trovi il valore 3FFF.

Configurazione dei ponticelli per lavorare con IC-PROG.

Scrittura

Per caricare il file che vogliamo far girare sul PIC, selezioneremo Apri e caricheremo il file "ese1.hex", però solo se avete in precedenza utilizzato questo nome per salvare il programma che abbiamo realizzato, senza dimenticare che siamo all'esercizio 1. Caricando il file potete vedere come cambia il contenuto delle prime posizioni di memoria.

Dobbiamo configurare i bit della parola di configurazione e l'oscillatore. Selezioneremo un oscillatore tipo XT, e abiliteremo unicamente i bit WDT e PWRT.

È molto importante mantenere l'opzione di protezione del codice su CP OFF;

Aspetto di IC-PROG dopo la configurazione e il caricamento del programma.

Una delle finestre del processo di scrittura.

in questo modo la finestra IC-PROG avrà l'aspetto dell'immagine nella figura.

Possiamo procedere nella scrittura del dispositivo.

Selezionando l'opzione Programma tutto, potremo vedere lo stato delle diverse fasi della scrittura, sino a ottenere alla fine una finestra che ci informa che la verifica è stata effettuata con successo.

Vi consigliamo comunque di leggere il dispositivo per verificare voi stessi che la scrittura è stata effettuata correttamente.

Configurazione hardware per il funzionamento

A questo punto potete scollegare il cavo fra il laboratorio e il PC. Ora dobbiamo nuovamente configurare l'hardware del laboratorio. L'alimentazione la prenderemo dalle batterie, quindi è necessario cambiare la posizione dei ponticelli. I ponticelli JP1, JP2 e JP3 devono essere collegati fra i terminali 2 e 3, e devono essere tolti i ponticelli JP8 e JP9. In questo modo la configurazione che avrà il laboratorio, sarà quella dell'immagine che raffigura il funzionamento normale.

Abbiamo il PIC scritto correttamente e il laboratorio configurato, quindi possiamo passare alla realizzazione del montaggio che soddisfi le esigenze dell'applicazione.

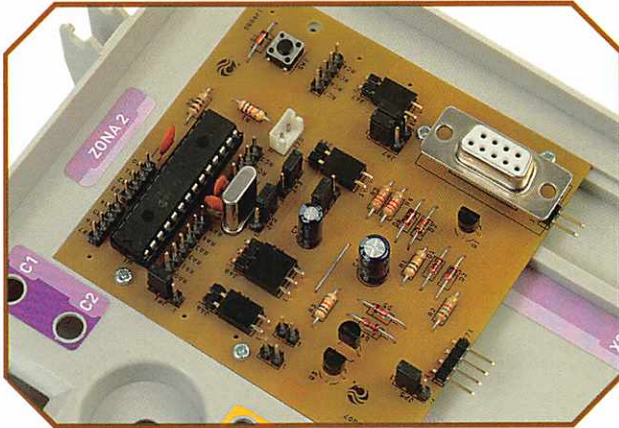
Montaggio: ingressi

I terminali della porta C del microcontroller sono stati configurati come ingressi, quindi è a essi che dobbiamo collegare i nostri "interruttori". Dato che per provare questo esercizio non è necessario provare gli 8 terminali della porta, inizialmente lavoreremo unicamente con 4 (RC3:RC0). Non abbiamo a disposizione degli interruttori, ma sappiamo che un interruttore discrimina fra due stati: alto o basso. In altre parole dobbiamo applicare agli ingressi del PIC un uno logico (positivo dell'alimentazione) oppure uno zero (0 V).

Colleghiamo un cavetto a quattro fili al connettore J72 per unire l'alimentazione fra le schede e le molle che utilizzeremo come riferimento. È molto importante mantenere il codice dei colori, utilizzando il rosso per il positivo e il nero per 0 V, quindi di questo cavetto utilizzeremo solamente due fili.

Uniremo la molla da 5 V con una fila della scheda Bread Board utilizzando un filo e la molla 0 V con l'altra fila. Da qui otterremo i nostri ingressi per la porta C, come potete vedere nelle fotografie.

Come già sappiamo le molle sono unite internamente ai loro corrispondenti connettori, quindi grazie al cavetto terminato sul connettore possiamo portare l'alimentazione nei punti desiderati delle schede.

È consigliabile utilizzare delle resistenze tra l'alimentazione e gli ingressi, in questo modo proteggeremo il PIC limitando la corrente, e miglioreremo la visualizzazione nella trans-

Configurazione dei ponticelli per il funzionamento normale.

Collegamento dell'alimentazione.

izione degli stati. Nelle immagini possiamo vedere il montaggio con le resistenze. Eseguite il montaggio con esse e senza di esse e osservate le differenze.

Montaggio: uscite

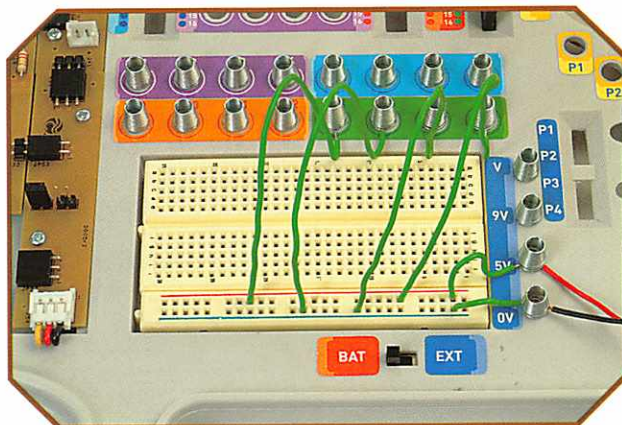
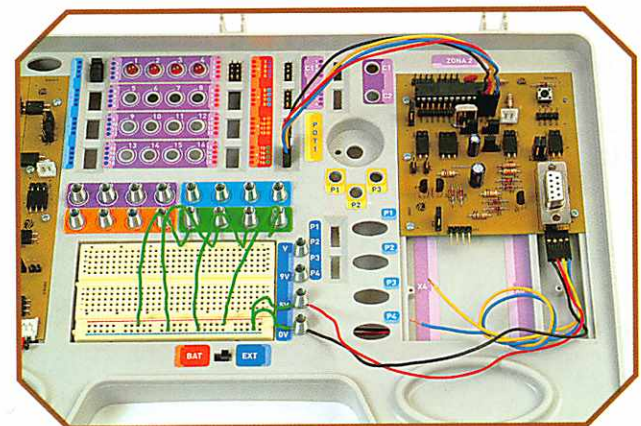
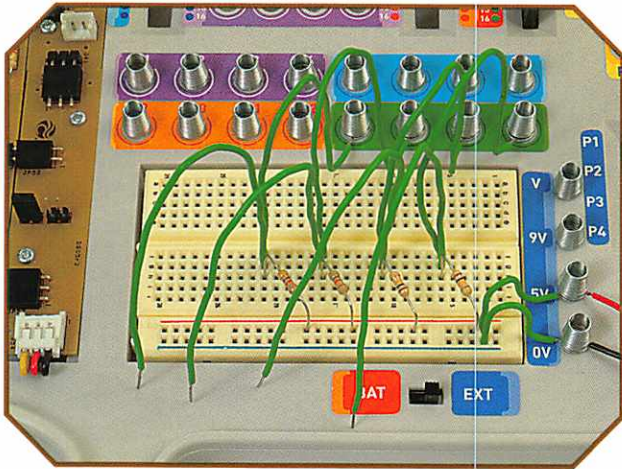
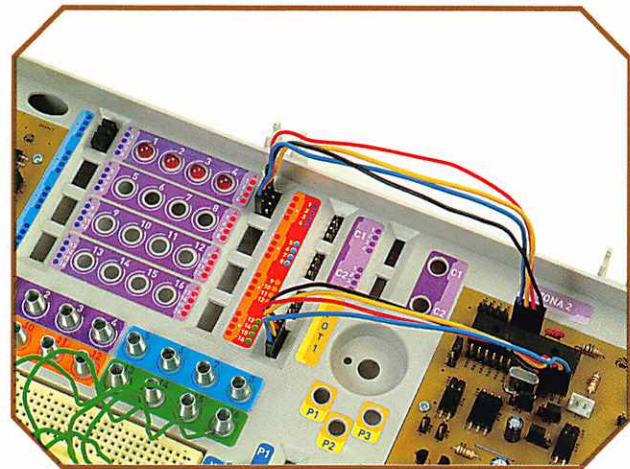
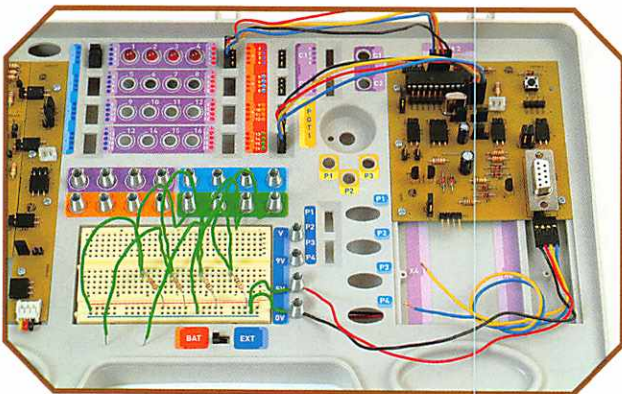
La porta B è stata configurata come porta di uscita, quindi sarà a essa che collegheremo i LED per visualizzare lo stato degli ingressi. Per eseguire questo collegamento collegheremo mediante un cavetto i terminali RB3:RB0 con gli anodi della matrice dei diodi LED, inoltre collocheremo i ponticelli sui catodi.

Funzionamento

Collegando l'alimentazione al laboratorio potremo vedere come, tramite il PIC, lo stato degli ingressi viene visualizzato sui diodi. Se cambiamo gli ingressi tra 0 e 5 V vedremo come si accenderanno e spegneranno i diodi stessi.

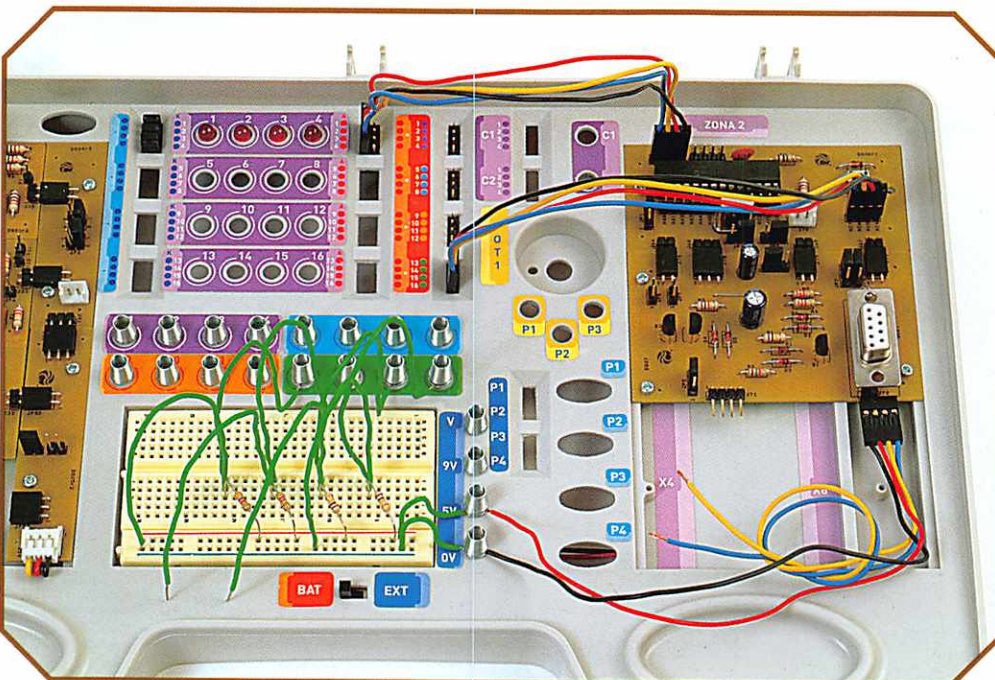
Questa applicazione potrebbe essere utile come parte di un sistema di allarme. Gli interruttori li potremmo sostituire da rilevatori digitali di presenza, di fumo, ecc., mentre i LED funzionerebbero come indicatori per la visualizzazione, oppure potremmo collegare all'uscita un cicalino, con lo scopo di generare un segnale acustico in caso di allarme.

Per terminare la prova del corretto funzionamento dell'applicazione, collegate il cavetto della matrice dei LED ai terminali di uscita RB7:RB4 e il cavetto degli ingressi ai terminali RC7:RC4.

In questo modo verificheremo che anche il

Simulazione degli interruttori.

Collegamento degli ingressi.

Ingressi con resistenze.

Collegamenti delle uscite.

Vista generale dell'hardware dell'esercizio.

resto dei terminali di ingresso funzionano correttamente, ottenendo sull'uscita lo stato degli ingressi.

L'applicazione contempla la visualizzazione dello stato di 8 ingressi digitali, con quest'ultima prova possiamo considerare terminato l'esercizio.

Continuando così, poco a poco vedremo salire il grado di complessità degli esercizi che realizzeremo per ottenere il massimo rendimento dal laboratorio e di conseguenza dal PIC16F870.

Montaggio per la prova degli altri terminali delle porte. Notate che è cambiata la posizione del connettore della porta B, per provare le altre quattro uscite.

Esercizio 2: programma combinazionale, il programma

Con questo esercizio, utilizzato come esempio quando abbiamo studiato il repertorio delle istruzioni, faremo pratica con i salti condizionali e continuiamo ad accrescere la nostra confidenza con lo sviluppo dei progetti completi.

Enunciato

Mediante questo esempio si vogliono attivare i LED (collegati alla porta B del PIC) secondo lo stato di due interruttori (collegati ai terminali RC0 e RC1) e conformemente alla tabella della verità.

RC1	RC0	RB7	RB6	RB5	RB4	RB3	RB2	RB1	RB0
0	0	0	1	1	0	0	1	1	0
0	1	0	1	0	1	0	1	0	1
1	0	1	0	1	0	1	0	1	0
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

Tabella della verità per assegnare le uscite in funzione degli ingressi.

Organigramma

Esistono diversi modi di risolvere questo esercizio. Predisponiamo due alternative diverse per arrivare alla soluzione.

Soluzione 1: se leggiamo l'ingresso e lo identifichiamo, comparandolo con dei valori potremo sapere a quale uscita è assegnato. Questo corrisponde a una struttura CASE in un linguaggio di programmazione di alto livello. Dato che questo non si può fare in assembler il valore di ingresso dovrà essere comparato con tre dei possibili valori per contemplare tutte le opzioni. Osservando l'organigramma è possibile capire meglio questa soluzione. Questo tipo di soluzione presenta una possibile sorgente di errori in quanto se sugli altri terminali della porta fossero presenti dei valori residuali, al momento di eseguire la comparazione che in realtà sarà un'operazione di sottrazione, potremmo ottenere un valore errato. Per evitare questo dovremo fare un'operazione AND per sicurezza, come mostrato nella figura della pagina successiva.

Soluzione 2: dato che l'ingresso è composto da due bit, ne leggeremo uno, e dopo averlo identificato leggeremo l'altro, per poter fornire l'uscita corrispondente. Questa soluzione è migliore della precedente perché è più semplice ed è più difficile che si possano generare errori. Mediante l'organigramma corrispondente si potrà apprendere più agevolmente questa soluzione.

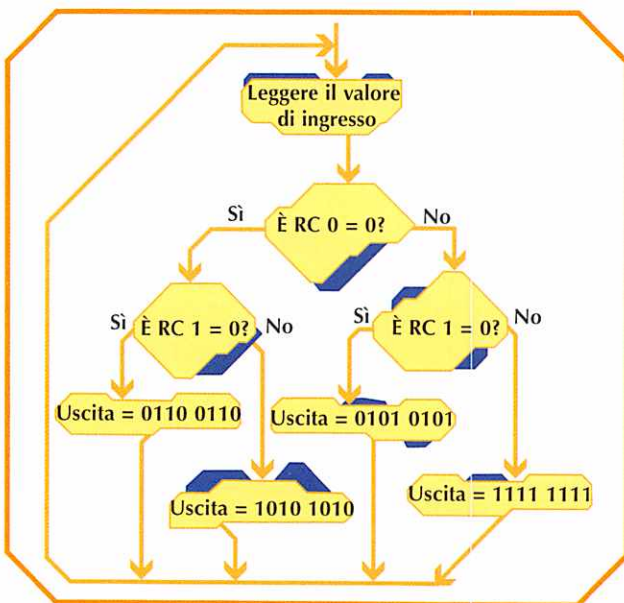
Anche se le due soluzioni proposte sono entrambe valide, lavoreremo con la seconda.

Organigramma della soluzione 1.

Codice

Nel CD che vi è stato fornito, potrete trovare il file "ese2.asm" che risolve l'esercizio, però come per l'esercizio "ese1.asm", ha una peculiarità. Il codice è stato preparato per essere caricato su un microcontroller precedentemente predisposto con il programma residente Bootloader. Se voi compilate questo programma e lo scrivete sul PIC, non funzionerà correttamente.

	Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0
PORT C	u	u	u	u	u	u	X	X
AND	0	0	0	0	0	0	1	1
Risultato	0	0	0	0	0	0	X	X

Operazione AND per la soluzione 1.

Organigramma della soluzione 2.

```
ese2 - Blocco note
File  Modifica  Formato  Visualizza  ?
;Programma combinazionale
;Secondo lo stato degli interruttori RC0 e RC1, attivare i led RB0-RB7 collegati alla
;porta B, in modo conforme alla seguente tabella della verità:
;
; RC1  RC0 |  RB7  RB6  RB5  RB4  RB3  RB2  RB1  RB0
; ---  --- |  ---  ---  ---  ---  ---  ---  ---  ---
;  0    0  |   1    0    1    0    1    0    1    0
;  0    1  |   0    0    0    0    1    1    1    1
;  1    0  |   1    1    1    1    0    0    0    0
;  1    1  |   1    1    1    1    1    1    1    1

                List     p=16F870          ;Processore
                include  "P16F870.INC"     ;Definizione dei registri interni

                ORG      0x00
                goto     Inizio
                ORG      0x05

Inizio          clrf     PORTB             ;Cancella i valori casuali
                bsf      STATUS,RP0        ;Seleziona il banco 1
                clrf     TRISB             ;Porta B si configura come uscita
                movlw    0xFF
                movwf    TRISC             ;Porta C si configura come ingresso
                bcf      STATUS,RP0        ;Seleziona il banco 0

Loop:           clrwdt                     ;Aggiorna il WDT
                btfsc    PORTC,0           ;Verifica lo stato di RC0
                goto     RC0_vale_1        ;Vale "1"
                btfsc    PORTC,1           ;Vale "0". Verifica lo stato di RC1
                goto     Sono_a_10
                movlw    b'10101010'
                movwf    PORTB             ;Sono a 00. Uscita dalla sequenza
                goto     Loop

Sono_a_10       movlw    b'11110000'
                movwf    PORTB             ;Sono a 10. Uscita dalla sequenza
                goto     Loop

RC0_vale_1      btfsc    PORTC,1           ;Verifica lo stato di RC1
                goto     Sono_a_11         ;Vale "1"
                movlw    b'00001111'
                movwf    PORTB             ;Sono a 01. Uscita dalla sequenza
                goto     Loop

Sono_a_11       movlw    b'11111111'
                movwf    PORTB             ;Sono a 11. Uscita dalla sequenza
                goto     Loop

                end                        ;Fine del programma
```

Codice che risolve l'esercizio.

Per questo è meglio se, con l'aiuto del repertorio delle istruzioni, provate a eseguire questo programma dall'inizio. Dobbiamo iniziare definendo il processore e il file che conterrà l'identificazione dei registri e in seguito definire le posizioni di memoria dove verrà scritto il programma mediante le direttive ORG.

Fatto questo, che è un passaggio comune alla grande maggioranza dei programmi, dobbiamo configurare i dispositivi del PIC, per farlo lavorare secondo le nostre esigenze.

Ricordate che vogliamo che la porta C sia di ingresso e la porta B di uscita.

A questo punto possiamo iniziare a seguire l'organigramma che ci aiuterà a risolvere l'applicazione. Leggeremo uno degli ingressi, ad esempio RC0, e in base al suo valore, mediante un salto condizionale, faremo una o l'altra azione. In qualsiasi delle due opzioni dovremo leggere lo stato dell'altro bit di ingresso (RC1), però letto questo avremo già identificato il valore dell'ingresso, quindi potremo assegnare il corrispondente valore all'uscita. Alla fine delle quattro possibili combinazioni, ci dovremo indirizzare nuovamente, utilizzando un salto incondizionato, alla posizione di inizio, in cui viene letto il primo bit di ingresso, per tornare a ripetere l'operazione.

Compilazione

Per poter compilare il programma bisogna copiarlo nella directory di lavoro utilizzata per MPLAB. Apriamo questo programma e creiamo un nuovo progetto che chiameremo "ese2.pjt". Fatto questo, selezionando Edit Project potremo associare il file in assembler che avremo precedentemente copiato nel percorso specificato. Apriremo quindi il file in assembler ed eseguiremo l'assemblaggio e la compilazione mediante Build All. La compilazione verrà realizzata con successo, come mostrato nell'immagine successiva in cui troviamo due messaggi che ci chiedono di verificare se i banchi di memoria sono stati definiti correttamente, e nel nostro caso sono corretti. In realtà si tratta di avvisi e non di errori. Utilizzate il grafico di distribuzione dei registri nella memoria per verificare in quale banco si

```
Build Results
Building ESE2.HEX...

Compiling ESE2.ASM:
Command line: "C:\PROGRA~1\MPLAB\MPASMWIN.EXE /e+ /l+ /x- /c+ /p16F870 /q C:\PROGRA~1\MPLAB\PRO(
Message[302] C:\PROGRA~1\MPLAB\PROGETTI\ESE2.ASM 21 : Register in operand not in bank 0.  Ensure
Message[302] C:\PROGRA~1\MPLAB\PROGETTI\ESE2.ASM 23 : Register in operand not in bank 0.  Ensure

Build completed successfully.
```

La compilazione è stata eseguita correttamente.

trovino i registri in questione e accertatevi che il programma scritto abbia qualche errore che faccia riferimento a questi registri (TRISB e TRISC).

Ora disponiamo del nostro file "ese2.hex" in codice macchina quindi lo potremo scrivere sul PIC, tuttavia, come già abbiamo visto negli esercizi precedenti, prima di passare alla scrittura bisogna simulare il programma.

Simulazione

La simulazione di questo programma è simile a quella dell'esercizio 1. Dobbiamo aprire la finestra dei registri speciali e occorre aprire anche una finestra specifica per i registri di ingresso e di uscita (PORTC e PORTB), e mediante il simulatore di stimoli asincroni potremo simulare gli ingressi.

Utilizziamo questo esercizio per introdurre una nuova finestra di simulazione, la finestra Stopwatch che serve per controllare il tempo di esecuzione del programma.

Iniziando la simulazione (non dimenticate di posizionarvi nella finestra che contiene il codice) potremo verificare che se non eccitiamo alcun ingresso, ovvero con RC0=RC1=0, l'uscita assume il valore AAh (10101010), così come volevamo. Attivando gli stimoli sui terminali di ingresso verificheremo come con ogni combinazione di ingresso il programma vada all'etichetta corrispondente e fornisca sull'uscita il valore desiderato.

Conclusioni

Abbiamo potuto osservare come i passaggi per realizzare un progetto siano sempre gli stessi e come, una volta acquisita pratica e confidenza, risultino molto semplici. Potete

Special Function Register Window

SFR Name	Hex	Dec	Binary	Char
w	00	0	00000000	.
tmr0	00	0	00000000	.
option_reg	FF	255	11111111	.
pcl	00	0	00000000	.
pclath	00	0	00000000	.
status	18	24	00011000	.
fsr	00	0	00000000	.
porta	00	0	00000000	.
trisa	3F	63	00111111	?
portb	00	0	00000000	.
trisb	FF	255	11111111	.
portc	00	0	00000000	.
trisc	FF	255	11111111	.
intcon	00	0	00000000	.
pir1	00	0	00000000	.
pie1	00	0	00000000	.
pir2	00	0	00000000	.
pie2	00	0	00000000	.
tmr1l	00	0	00000000	.
tmr1h	00	0	00000000	.
t1con	00	0	00000000	.
tmr2	00	0	00000000	.
pr2	FF	255	11111111	.
t2con	00	0	00000000	.
ccpr1l	00	0	00000000	.
ccpr1h	00	0	00000000	.
ccp1con	00	0	00000000	.
rcsta	00	0	00000000	.
txreg	00	0	00000000	.
rcreg	00	0	00000000	.
txsta	02	2	00000010	.
spbrg	00	0	00000000	.
adresh	00	0	00000000	.
adresl	00	0	00000000	.
adcon0	00	0	00000000	.
adcon1	00	0	00000000	.
pcon	00	0	00000000	.
eedata	00	0	00000000	.

Finestra dei registri delle funzioni speciali.

Finestra con i due registri più importanti nella simulazione.

Asynchronous Stimulus Dialog

RC0 (P)	RC1 (H)	Stim 3 (P)	Stim 4 (P)
Stim 5 (P)	Stim 6 (P)	Stim 7 (P)	Stim 8 (P)
Stim 9 (P)	Stim 10 (P)	Stim 11 (P)	Stim12 (P)

Close Help

Simulatore di stimoli asincroni configurato con gli ingressi.

Stopwatch

Zero Cycles 0
Time 0.00 ns
Processor Frequency 4.000000 MHz
Clear On Reset
Close Help

Finestra per contare il tempo di esecuzione.

cercare di sviluppare l'altra soluzione prevista e simulare mediante MPLAB il suo funzionamento. In questa fase di sviluppo del programma e simulazione, potete divertirvi a provare a modificare il programma inserendo nuove istruzioni, ampliando il codice con nuove applicazioni e compilandolo. Fate pratica con le istruzioni e acquisite abilità, dato che a poco a poco, gli esercizi si complicheranno e sarà necessaria sicurezza e chiarezza sui concetti di programmazione, così come per il repertorio delle istruzioni.

Aspetto di MPLAB.